

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

# Offenlegungsschrift

(10) DE 41 00 054 A 1

(51) Int. Cl. 5:

G 01 R 15/07

G 01 R 19/00

(21) Aktenzeichen: P 41 00 054.4

(22) Anmeldetag: 3. 1. 91

(43) Offenlegungstag: 11. 7. 91

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)

09.01.90 JP 2-2822

(71) Anmelder:

Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

Popp, E., Dipl.-Ing.Dipl.-Wirtsch.-Ing.Dr.rer.pol.;  
Sajda, W., Dipl.-Phys., 8000 München; Bolte, E.,  
Dipl.-Ing., 2800 Bremen; Reinländer, C., Dipl.-Ing.  
Dr.-Ing.; Bohnenberger, J., Dipl.-Ing.Dr.phil.nat.,  
8000 München; Möller, F., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte;  
Böckmann, C., Dr., Rechtsanw., 2800 Bremen

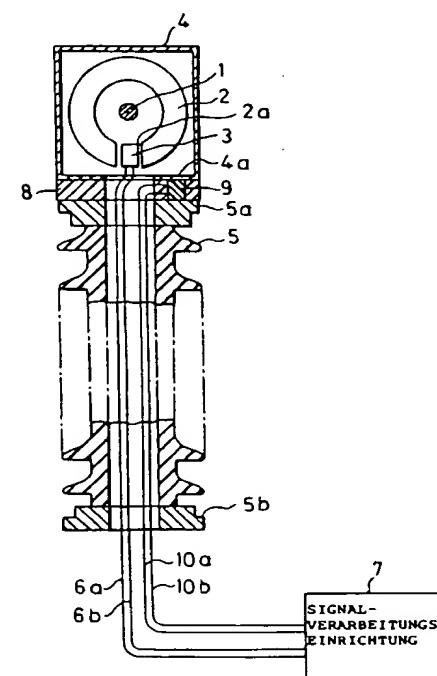
(72) Erfinder:

Ochi, Naoki, Amagasaki, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Optisches Wandlerinstrument

(57) Ein optisches Wandlerinstrument kann sowohl den Strom als auch die Spannung eines Primärleiters (1) messen. Die Strommessung erfolgt durch Modulation eines Lichtsignals in einem optischen Magnetfeldsensor (3), und die Messung der Spannung V erfolgt durch Modulation eines Lichtsignals in einem optischen Sensor (9) für ein elektrisches Feld, indem die Spannung Vd zwischen einem Leiterkörper (4a) und einem oberen Flansch (5a) einer Buchse (5) gemessen wird, deren Wert durch ein Teilungsverhältnis dividiert wird, das durch die Kapazität C1 zwischen dem Leiterkörper (4a) und dem oberen Flansch (5a) sowie die Kapazität C2 zwischen dem oberen Flansch (5a) und Masse bestimmt ist.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein optisches Wandlerinstrument zur Messung von Spannung und Strom.

Es sind optische Stromwandler bekannt, die den Strom in einem Primärleiter unter Anwendung eines optischen Magnetfeldsensors messen.

**Fig. 4** ist eine Teilschnittdarstellung eines konventionellen optischen Stromwandlers gemäß 1989 National Convention IEE Japan, "1245 Development for apparatus for detecting fault section of a substation".

In **Fig. 4** führt ein Primärleiter 1 ein hohes Potential, und ein zu messender Strom fließt im Primärleiter. Ein Eisenkern 2 mit einem Luftspalt bildet einen Magnetpfad zur Ankopplung an den Primärleiter 1. Ein optischer Magnetfeldsensor 3, z. B. ein optisches Magnetfeldeffektelement, ist in dem Luftspalt 2a des Eisenkerns 2 angeordnet. Ein Gehäuse 4 enthält den Eisenkern 2 und den optischen Magnetfeldsensor 3 und hält und fixiert diese Elemente. Eine Buchse 5 hat an ihren Enden einen oberen Flansch 5a und einen unteren Flansch 5b aus Metall und isoliert das Gehäuse 4 gegenüber Masse unter Abstützung des Gehäuses an ihrem oberen Flansch 5a. Die Konstruktion zwischen dem unteren Flansch 5b am Unterende der Buchse 5 und Masse ist in **Fig. 4** nicht gezeigt. Lichtleiter 6a, 6b sind durch die Buchse geführt, und ihre einen Enden sind an den optischen Magnetfeldsensor 3 angeschlossen, während ihre anderen Enden mit einer Signalverarbeitungseinrichtung 7 verbunden sind.

Anschließend wird der Betrieb des konventionellen optischen Stromwandlers beschrieben. Wenn im Primärleiter 1 ein Strom fließt, fließt ein dem Strom proportionaler Magnetfluß durch den Eisenkern 2 und den Luftspalt 2a. Ein von einem Lichtsendeelement der Signalverarbeitungseinrichtung 7 ausgehendes Lichtsignal geht durch den Lichtleiter 6a und wird dem optischen Magnetfeldsensor 3 zugeführt. Das eingeführte Lichtsignal wird proportional dem durch den genannten Magnetfluß erzeugten Magnetfeld moduliert. Das modulierte Lichtsignal geht durch den Lichtleiter 6b und wird einem Lichtempfangselement der Signalverarbeitungseinrichtung 7 zugeführt. Diese wandelt das modulierte Lichtsignal in ein elektrisches Signal um, das dem im Primärleiter 1 fließenden Strom proportional ist. So mit kann der H-Potentialstrom des Primärleiters 1 in der Schaltung, die Massepotential hat, gemessen werden.

Der optische Stromwandler mit optischem Magnetfeldsensor zur Strommessung ist vergleichsweise einfach aufgebaut. Wenn aber die Messung des Potentials des Primärleiters 1 durchzuführen ist, muß zusätzlich zu dem optischen Stromwandler ein induktiver Spannungswandler, ein Koppelkondensator-Spannungswandler oder ein richtiger optischer Wandler mit Spannungsteiler im Instrument vorgesehen sein. Bei dieser Auslegung ergibt sich das Problem, daß das Instrument zur Messung von Strom und Spannung sehr groß und teuer wird.

Aufgabe der Erfindung ist die Lösung dieses Problems unter Bereitstellung eines optischen Wandlerinstruments, das die Messung von Strom und Spannung ermöglicht.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch ein optisches Wandlerinstrument gelöst, das aufweist: einen Eisenkern mit einem Luftspalt zur Bildung eines Magnetpfads zur Ankopplung eines Primärleiters, einen optischen Magnetfeldsensor, der in dem Luftspalt des

Eisenkerns gehalten ist, einen Leiterkörper aus einem Leitermaterial, der den Eisenkern hält und mit dem Primärleiter elektrisch verbunden ist, eine Buchse, die am Oberende einen Flansch hat und diesen gegenüber 5 Masse isoliert, einen Isoliertragkörper zwischen dem aus Leitermaterial bestehenden Flansch und dem Leiterkörper, einen optischen Sensor für ein elektrisches Feld, der zwischen dem Leiterkörper und dem Flansch angeordnet ist, und eine Signalverarbeitungseinrichtung, die mit dem optischen Magnetfeldsensor und dem optischen Sensor für ein elektrisches Feld über Lichtleiter elektrisch gekoppelt ist, ein Lichtsignal an den optischen Magnetfeldsensor und an den optischen Sensor für ein elektrisches Feld aussendet, ein von den Sensoren moduliertes Lichtsignal empfängt und Spannung und Strom des Primärleiters mißt.

Bei dem optischen Wandlerinstrument nach der Erfindung erfolgt die Messung des Stroms durch den Effekt der Lichtsignalmodulation im optischen Magnetfeldsensor und ähnlich wie die Messung bei dem konventionellen optischen Stromwandler.

Ein Potential, das der am Primärleiter anliegenden Spannung proportional ist, wird gleichzeitig an dem Leiter- bzw. Trägerkörper induziert. Dabei ist das induzierte Potential als das Potential gegeben, das durch ein Teilungsverhältnis geteilt ist, das sowohl durch die erste Kapazität zwischen dem Leiterkörper und dem oberen Flansch der Buchse als auch die zweite Kapazität zwischen dem oberen Flansch und Masse, die zwischen dem Leiterkörper und dem oberen Flansch der Buchse auftritt, bestimmt ist. Der optische Sensor zur Erfassung des elektrischen Feldes moduliert das Lichtsignal proportional dem induzierten Potential. Somit erfolgt die Messung der Spannung durch Messung der Modulationsintensität.

Die Erfindung wird nachstehend auch hinsichtlich weiterer Merkmale und Vorteile anhand der Beschreibung von Ausführungsbeispielen und unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Die Zeichnungen zeigen in:

**Fig. 1** eine teilweise Schnittdarstellung eines ersten Ausführungsbeispiels des optischen Wandlerinstruments nach der Erfindung;

**Fig. 2** eine teilweise Schnittdarstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels des optischen Wandlerinstruments;

**Fig. 3** eine teilweise Schnittdarstellung eines dritten Ausführungsbeispiels des optischen Wandlerinstruments; und

**Fig. 4** eine teilweise Schnittdarstellung eines konventionellen optischen Stromwandlers.

Die Figuren sind teilweise oder vollständig nur schematische Darstellungen und zeigen nicht unbedingt die tatsächlichen relativen Größen oder Positionen der gezeigten Elemente.

Unter Bezugnahme auf **Fig. 1** wird das erste Ausführungsbeispiel des optischen Wandlerinstruments erläutert.

Nach **Fig. 1** liegt eine Hochspannung an einem Primärleiter 1, in dem ein zu messender Strom fließt. Ein Eisenkern 2 mit einem Luftspalt bildet einen an den Primärleiter 1 angekoppelten Magnetpfad. Ein optischer Magnetfeldsensor 3 wie etwa ein optisches Magnetfeldeffektelement ist in dem Luftspalt 2a des Eisenkerns 2 angeordnet. Ein Gehäuse 4 enthält den Eisenkern und den optischen Magnetfeldsensor 3 und hält und fixiert sie als Trageeinrichtung. Das Gehäuse 4 besteht aus einem Metall wie rostfreiem Stahl und ist mit

dem Primärleiter 1 elektrisch verbunden. Der untere Teil des Gehäuses 4 ist ein Leiterkörper 4a. Eine Buchse 5, die an ihren Enden einen oberen Flansch 5a und einen unteren Flansch 5b aus Metall aufweist, haltert das Gehäuse 4, indem ein Isolationstragteil 8 zwischen den oberen Flansch 5a und das Gehäuse 4 eingefügt ist. Die Konstruktion zwischen dem unteren Flansch 5b am Unterende der Buchse und Masse ist in Fig. 1 weggelassen. Ein optischer Sensor 9 für ein elektrisches Feld (ein Beispiel dafür beschreibt Kazuo Kyuma et al. in "Fiber-Optic Voltage Sensor Using Electro-Optic Bi<sub>12</sub>GeO<sub>20</sub> Single Crystal" Proceedings of the 2nd Sensor Symposium, 1982, S. 33 – 37) ist zwischen dem Leiterkörper 4a und dem oberen Flansch 5a im Isolationstragteil 8 angeordnet. Lichtleiter 6a und 6b sind durch die Buchse 5 geführt, wobei ihre einen Enden mit dem optischen Magnetfeldsensor 3 und ihre anderen Enden mit einer Signalverarbeitungseinrichtung 7 verbunden sind. Lichtleiter 10a und 10b sind ebenfalls durch die Buchse 5 geführt, und ihre einen Enden sind mit dem optischen Sensor 9 für das elektrische Feld und ihre anderen Enden mit der Signalverarbeitungseinrichtung 7 verbunden.

Anschließend wird der Betrieb des optischen Wandlerinstruments beschrieben. Wenn im Primärleiter 1 ein Strom fließt, fließt ein dem Strom proportionaler Magnetfluß durch den Eisenkern 2 und den Luftspalt 2a. Ein von einem Lichtsendeelement der Signalverarbeitungseinrichtung 7 ausgehendes Lichtsignal geht durch den Lichtleiter 6a und wird dem optischen Magnetfeldsensor 3 zugeführt. Das zugeführte Lichtsignal wird proportional dem von dem genannten Magnetfluß erzeugten Magnetfeld moduliert. Das modulierte Lichtsignal läuft durch den Lichtleiter 6a und wird einem Lichtempfangselement der Signalverarbeitungseinrichtung 7 zugeführt. Diese wandelt das modulierte Lichtsignal in ein elektrisches Signal um, das dem im Primärleiter 1 fließenden Strom proportional ist. Dadurch kann der Hochpotential-Strom des Primärleiters 1 in der auf Massepotential liegenden Schaltung gemessen werden.

Das Metallgehäuse 4 liegt auf dem gleichen Potential wie der Primärleiter 1, und sein oberer Flansch 5a ist relativ dazu isoliert, so daß die Spannung Vd am Leiterkörper 4a und am oberen Flansch 5a als eine Spannung gegeben ist, die von der Spannung V des Primärleiters 1 mit einem Teilungsverhältnis geteilt ist, das durch eine Kapazität C1 zwischen dem Leiterkörper 4a und dem oberen Flansch 5a und eine Kapazität C2 zwischen dem oberen Flansch 5a und Masse bestimmt ist. Die Spannung Vd kann also gemäß der folgenden Gleichung (1) geschrieben werden:

$$Vd = \{C1/(C1 + C2)\} \times V \\ = (\text{Teilungsverhältnis}) \times V \quad (1)$$

Diese Kapazitäten C1 und C2 sind durch die Struktur bzw. Form des optischen Wandlerinstruments bestimmt. Die Spannung Vd ist ferner der Primärleiterspannung V proportional, und das von der Spannung Vd erzeugte elektrische Feld liegt am optischen Sensor 9 für das elektrische Feld an.

Das vom anderen Lichtsendeelement in der Signalverarbeitungseinrichtung 7 ausgehende Lichtsignal geht durch den Lichtleiter 10a und wird dem optischen Sensor 9 für das elektrische Feld zugeführt. Das zugeführte Lichtsignal wird proportional dem genannten elektrischen Feld vom optischen Sensor 9 für das elektrische Feld moduliert. Das modulierte Lichtsignal läuft durch

den Lichtleiter 10b und wird dem anderen Lichtempfangselement der Signalverarbeitungseinrichtung 7 zugeführt. Diese extrahiert den Demodulationsbetrag und berechnet die Primärleiterspannung V aus dem Betrag der Demodulation und dem vorgenannten Teilungsverhältnis.

**Fig. 2** ist eine teilweise Schnittdarstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels des optischen Wandlerinstruments. Dem ersten Ausführungsbeispiel entsprechende Teile sind mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden nicht nochmals erläutert. Dieses Ausführungsbeispiel unterscheidet sich vom ersten wie folgt:

Ein Isolator 11, der ein Formteil z. B. aus Kunststoff oder Kautschuk ist, trägt den Eisenkern 2 und den optischen Magnetfeldsensor 3 als integrale Einheit. Der Isolator 11 hat einen Leiteteil 11a aus Metallblech unter seiner Bodenfläche. Dadurch wird das kleinere und leichte integrale optische Wandlerinstrument erhalten. Da ferner der Eisenkern 2 und der optische Magnetfeldsensor 3 in dem integralen Körper gebildet sind, kann eine Abweichung der Lagebeziehung zwischen dem Eisenkern 2 und dem optischen Magnetfeldsensor 3 praktisch nicht auftreten, was zu einer verbesserten Meßgenauigkeit führt.

**Fig. 3** ist eine teilweise Schnittdarstellung eines dritten Ausführungsbeispiels des optischen Wandlerinstruments. Dabei sind wiederum gleiche oder entsprechende Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden nicht erneut beschrieben. Die Unterschiede gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel sind folgende:

Ein Strahlteiler 13 ist nahe den beiden Sensoren 3 und 9 angeordnet. Der Strahlteiler 13 zerlegt das durch einen Lichtleiter 12 von der Signalverarbeitungseinrichtung 7 kommende Lichtsignal in zwei getrennte Lichtsignale. Das heißt also, daß anstelle der beiden Lichtleiter 6a und 10a von Fig. 1 ein einziger gemeinsamer Lichtleiter 12 verwendet wird, und das Lichtsendeelement der Signalverarbeitungseinrichtung 7 wird gemeinsam für den optischen Magnetfeldsensor 3 und den optischen Sensor 9 für das elektrische Feld verwendet.

Dadurch wird die Zahl der durch die Buchse geführten Lichtleiter um Eins verringert. Somit kann die Buchse 5 kleiner als die Buchse 5 von Fig. 1 gemacht werden, wodurch ein kleinerer optischer Wandler erhalten wird.

#### Patentansprüche

1. Optisches Wandlerinstrument, gekennzeichnet durch  
einen Eisenkern (2) mit einem Spalt, der einen Magnetzug zur Ankopplung an einen Primärleiter (1) bildet;  
einen optischen Magnetfeldsensor (3), der in dem Spalt des Eisenkerns (2) gehalten ist;  
einen Leiterkörper (4a) aus einem Leitermaterial, der den Eisenkern (2) hält und mit dem Primärleiter (1) elektrisch verbunden ist,  
eine Buchse (5) mit einem Flansch (5a) am Oberende, die den Flansch gegenüber Masse isoliert,  
ein Isolationstragteil (8) zwischen dem aus Leitermaterial bestehenden Flansch (5a) und dem Leiterkörper (4a),  
einen optischen Sensor (9) für ein elektrisches Feld, der zwischen dem Leiterkörper (4a) und dem Flansch (5a) angeordnet ist, und  
eine Signalverarbeitungseinrichtung (7), die mit dem optischen Magnetfeldsensor (3) und dem optischen Sensor (9) für ein elektrisches Feld über

Lichtleiter (6a, 6b, 10a, 10b) optisch gekoppelt ist und ein Lichtsignal an den optischen Magnetfeld-sensor (3) und den optischen Sensor (9) für ein elek-trisches Feld aussendet, ein von den Sensoren je-weils moduliertes Lichtsignal empfängt und Span-nung und Strom des Primärleiters (1) mißt.

2. Optisches Wandlerinstrument nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Leiterkörper (4a) ein damit integrales Gehäuse (4) aufweist, in dem der Eisenkern (2) enthalten ist.

3. Optisches Wandlerinstrument nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Leiterkörper (11a) ein Formteil (11) trägt, in dem der Eisen-kern (2) aufgenommen ist.

4. Optisches Wandlerinstrument nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Strahlteiler (13) vorgesehen ist, der das von der Signalverarbei-tungseinrichtung (7) ausgesandte Lichtsignal zer-legt.

10

15

20

---

**Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen**

---

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

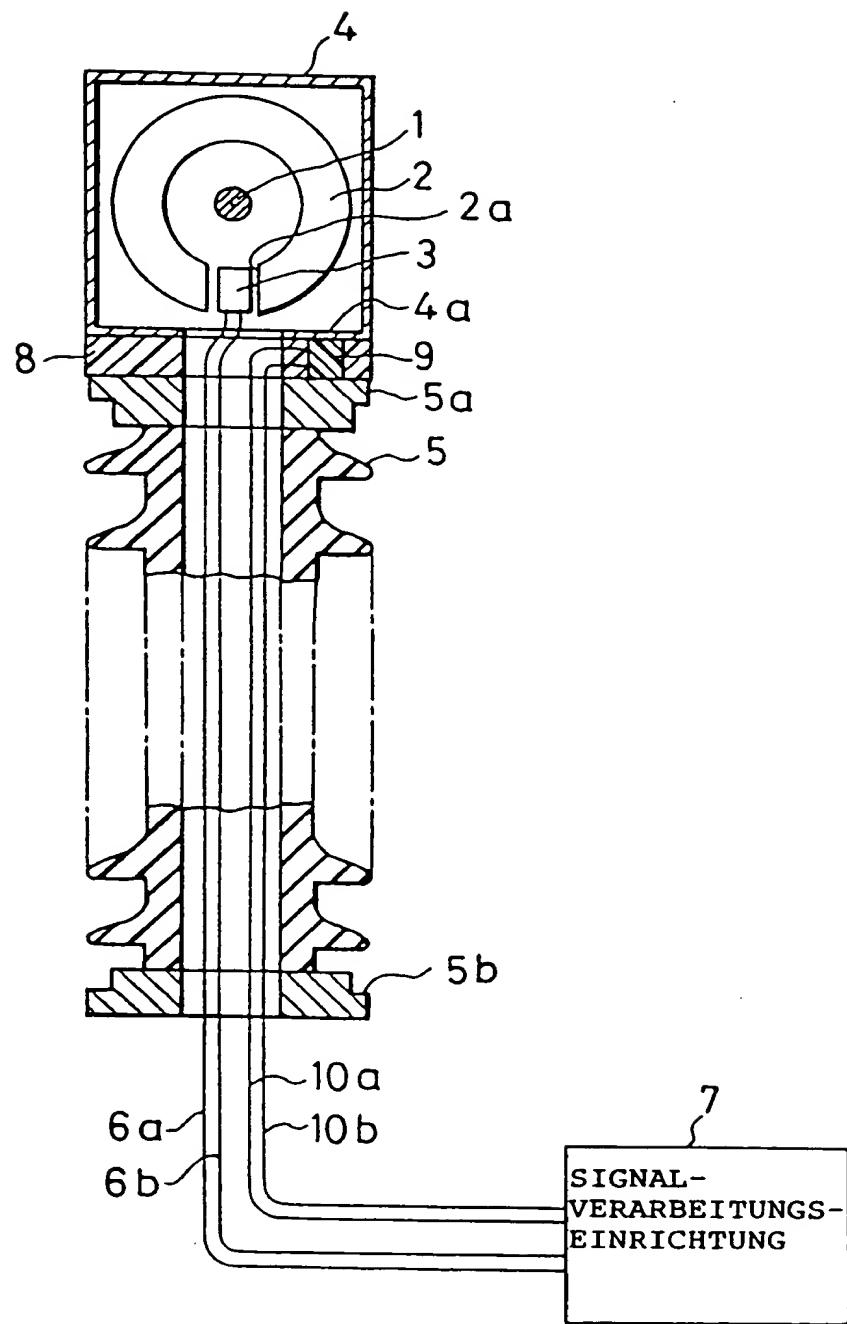


FIG. 2

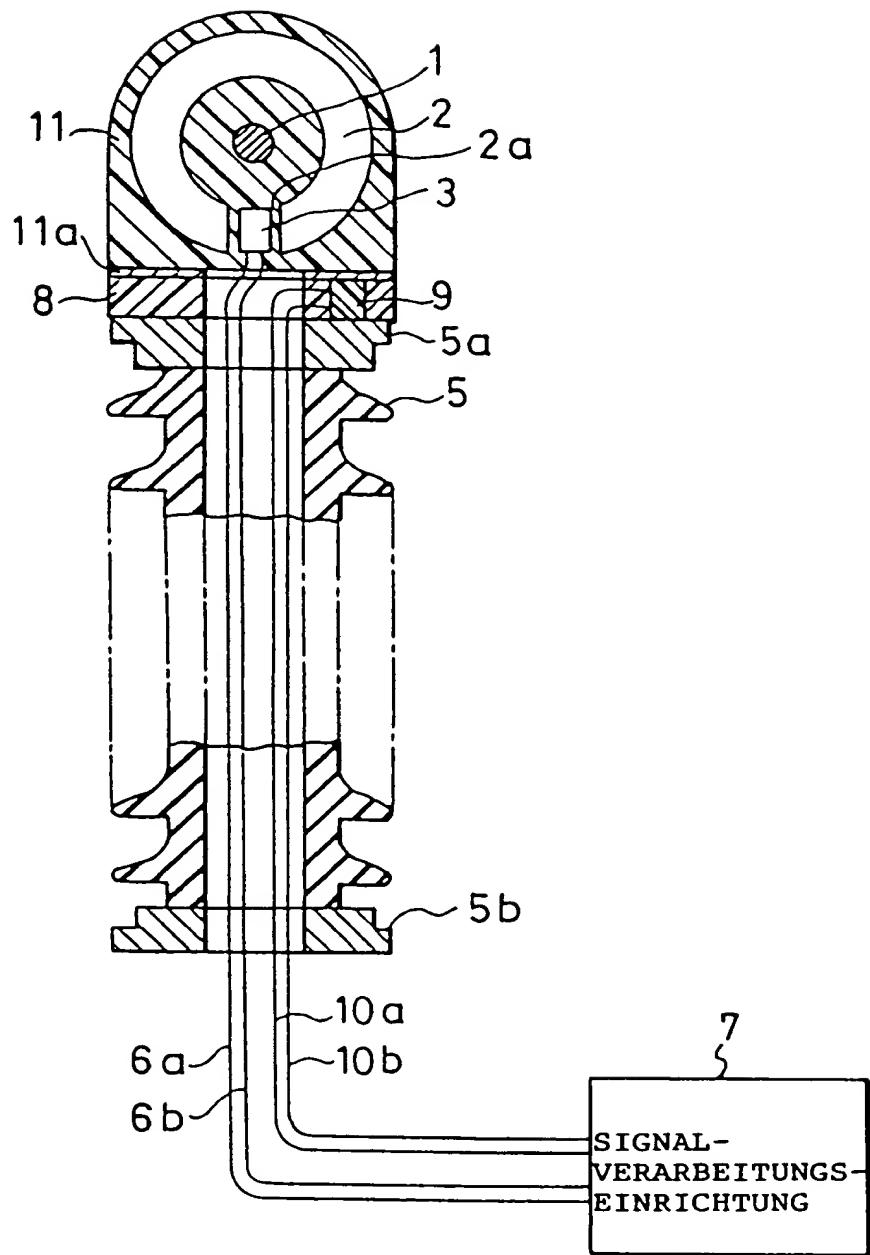


FIG. 3

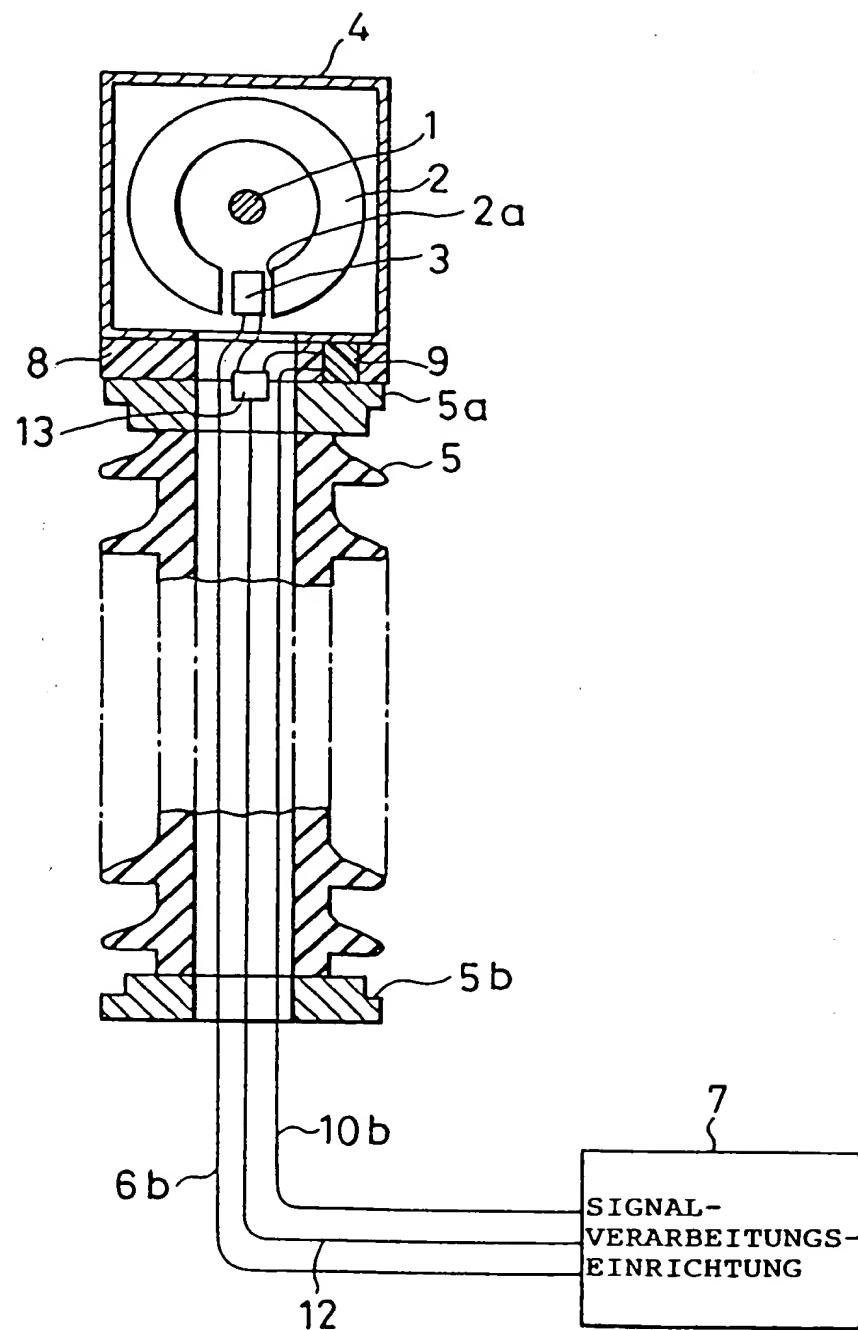


FIG. 4

